

Effects of Integrated Optimal Nutrition on the Yield and Fruit Quality of Olive Trees in Southern Parts of Kerman Province

Javad Sarhadi¹, Saber Heidari*²  and Mehri Sharif³

1-Assistant Prof., Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. E-mail: javad.sarhadi2009@gmail.com

2- Assistant Prof., Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. E-mail: s.heydary@areeo.ac.ir

3-Expert, Soil and Water Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran. E-mail: z.sh1394@yahoo.com

«Research Article»

Received: November 11, 2024 and Accepted: March 9, 2025

Abstract

This study evaluated the effects of optimal nutrition on the yield and fruit quality of olive trees in the Jabal Barez highlands, southern Iran, over two growing seasons. The experiment was conducted using a randomized complete block design with three treatments: control (T1), macro-nutrients fertilizers combined with decomposed manure (T2), and treatment 2 with added micronutrients (T3). Traits such as yield, fruit characteristics, and nutrient concentrations in olive leaves were assessed. The results showed that olive yield increased by 50.7% in the first and 72.5% in the second year under T3 compared to T1, indicating the significant role of integrated optimal nutrition in enhancing productivity. Additionally, T3-treated trees demonstrated substantial improvements in fruit size, weight, and concentrations of the major nutrients, including nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K). Micronutrient uptakes, particularly iron (Fe), zinc (Zn), and manganese (Mn) were also significantly higher in T3-treated trees. Analyses revealed that the combination of chemical and organic fertilizers with micronutrients had a remarkable positive impact on overall olive productivity and fruit growth. Environmental factors, including rainfall variability and fertilizer residual effects between the two years, influenced the treatment impacts, with a stronger response observed in the second year. These findings underscore the importance of integrated nutrient management (INM) — incorporating organic and chemical fertilizers along with micronutrients — to improve fruit yield and quality. This study provides valuable insights for developing sustainable fertilization strategies for olive orchards in semi-arid regions, promoting the long-term productivity and soil health.


Keywords: Olive cultivation, Chemical fertilizers, Organic fertilizers, Yield improvement, Integrated Nutrient Management

*. Corresponding author's email: s.heydary@areeo.ac.ir



تأثیرات تغذیه بهینه تلفیقی بر عملکرد و کیفیت میوه درختان زیتون در جنوب استان

کرمان

جواد سرحدی^۱، صابر حیدری^۲ * و مهری شریف^۳

۱-استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران javad.sarhadi2009@gmail.com

۲-استادیار پژوهشی بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران. s.heydari@areeo.ac.ir

۳-کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران. z.sh1394@yahoo.com

« مقاله پژوهشی »

دریافت: ۱۴۰۳/۸/۲۱ و پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹

چکیده

در این پژوهش تأثیرات تغذیه بهینه را بر عملکرد و کیفیت میوه درختان زیتون در ارتفاعات جبال بارز، جنوب ایران، در طول دو فصل رشد ارزیابی شد. طرح آزمایشی به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تیمار شامل شاهد (T1)، کودهای شیمیایی همراه با کود دامی پوسیده (T2) و تیمار ۲ به علاوه عناصر ریزمغذی (T3). صفاتی از جمله عملکرد، ویژگی‌های میوه و غلظت مواد مغذی در برگ‌های زیتون ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در تیمار T3 عملکرد زیتون به میزان ۵۰/۷٪ در سال اول و ۷۲/۵٪ در سال دوم نسبت به تیمار T1 افزایش یافت، که نشان‌دهنده نقش اثر تغذیه بهینه تلفیقی در بهبود عملکرد است. افزون بر این، درختان تیمار T3 بهبود قابل توجهی در اندازه و وزن میوه و غلظت عناصر غذایی پرمصرف مانند نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) نشان دادند. جذب ریزمغذی‌ها، به ویژه آهن (Fe)، روی (Zn) و منگنز (Mn) نیز در درختان تیمار T3 به طور قابل توجهی بیشتر بود. تحلیل‌ها نشان داد که ترکیب کودهای شیمیایی و آلی همراه با ریزمغذی‌ها تأثیر مثبت چشمگیری بر عملکرد کلی زیتون و رشد میوه داشت. عوامل محیطی از جمله تغییرات بارش و همچنین اثرات باقیمانده کودها بین دو سال، بر شدت اثرات تیمار تأثیر گذاشت و پاسخ قوی‌تری در سال دوم مشاهده شد. این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت تلفیقی مواد مغذی، که شامل کودهای آلی و شیمیایی به همراه ریزمغذی‌ها است، برای بهبود عملکرد و کیفیت میوه تأکید می‌کند. این مطالعه بینش‌های ارزشمندی برای توسعه استراتژی‌های پایدار کوددهی برای باغ‌های زیتون در مناطق نیمه‌خشک ارائه می‌دهد و بهره‌وری بلندمدت و بهبود وضعیت خاک را ترویج می‌کند.

واژه‌های کلیدی: کشت زیتون، کودهای شیمیایی، کودهای آلی، بهبود عملکرد، مدیریت تلفیقی مواد مغذی

* آدرس ایمیل نویسنده مسئول: s.heydari@areeo.ac.ir

مقدمه

کشاورزی پایدار رویکردی جامع به کشاورزی است که هدف آن تأمین نیازهای غذایی جامعه است درحالی که محیط زیست را برای نسل های کنونی و آینده حفظ کند. یکی از جنبه های کلیدی کشاورزی پایدار، استفاده از کودهای آلی و حیوانی در کنار کودهای شیمیایی برای حفظ سلامت و باروری خاک است (گانسن، ۲۰۲۴).

درخت زیتون، که به طور علمی به نام *Olea europaea* شناخته می شود، به خانواده *Oleaceae* تعلق دارد (حسینی-مزمینانی و همکاران، ۲۰۱۴). کودهای شیمیایی، که یکی از ارکان کشاورزی مدرن هستند، تأثیر قابل توجهی بر عملکرد محصولات، از جمله تولید زیتون، داشته اند. در مطالعه ای نشان داده شد که استفاده از کودهای شیمیایی باعث بهبود رشد و عملکرد درختان زیتون شد. نویسندگان گزارش دادند که از بین تیمارهای شامل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و صفر درصد کود معدنی توصیه شده برای درخت زیتون، استفاده از ۱۰۰٪ دوز توصیه شده کود معدنی منجر به افزایش قابل توجه عملکرد زیتون در مقایسه با تیمار شاهد شد (کاروالو و همکاران، ۲۰۱۴). به طور مشابه، مطالعه دیگری نشان داد که کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنی، فسفر و پتاس عملکرد درختان زیتون را افزایش داد. نویسندگان گزارش دادند که بالاترین عملکرد با استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص، ۵۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم K_2O در هکتار به دست آمد. علاوه بر تأثیرات آن ها بر رشد و عملکرد گیاه، کودهای شیمیایی می توانند بر کیفیت گیاه نیز تأثیر بگذارند (دباغی و همکاران، ۲۰۱۸). یک مطالعه نشان داد که استفاده از کودهای شیمیایی باعث افزایش غلظت برخی از عناصر غذایی ماکرو و میکرو در برگ های زیتون شد، اما غلظت ترکیبات فنولی را کاهش داد. ترکیبات فنولی برای طعم و کیفیت روغن زیتون اهمیت دارند (مازه و همکاران، ۲۰۲۱). امروزه، تولیدکنندگان تمایل دارند سیستم تولید را به تولید ارگانیک با جایگزینی مواد آلی به جای کودهای شیمیایی تغییر

دهند (لاکتر و همکاران، ۲۰۱۶). یافته های تجربی نشان داده است که مواد آلی به آرامی تجزیه شده و مواد مغذی را برای مدت طولانی به ریشه گیاهان تأمین می کنند (گوس و همکاران، ۲۰۱۳). کودهای دامی گوسفند و مرغ برای کشت زیتون در مناطق خشک و نیمه خشک با منابع محدود آب، به ویژه در خاک های شنی، توصیه شده اند. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک به واسطه کودهای دامی گوسفند و مرغ بهبود یافته و در نتیجه رشد درختان زیتون افزایش یافته است (عبدالناصر و هارهاش، ۲۰۰۱). پژوهش ها نشان داده اند که ورمی کمپوست، به عنوان یک کود آلی غنی از مواد مغذی، می تواند غلظت پتاسیم و فسفر برگ ها را افزایش دهد و بهبود مقاومت به خشکی را تسهیل کند (عباس زاده و همکاران، ۱۳۹۸).

مدیریت تلفیقی مواد مغذی یکی از راهکارهای اصلی برای بهبود بهره وری محصولات باغی و حفظ سلامت خاک است. تحقیقات اخیر نشان داده اند که ترکیب کودهای آلی و شیمیایی، علاوه بر افزایش عملکرد محصول، به بهبود کیفیت میوه و روغن نیز کمک می کند. در این زمینه، کاربرد ورمی کمپوست به عنوان یک کود آلی طبیعی، تأثیر مثبتی بر ساختار خاک و جذب عناصر غذایی نشان داده است. این کود می تواند مقاومت گیاهان در برابر تنش های محیطی مانند خشکی را بهبود بخشد و نقش حیاتی در مدیریت پایدار کشاورزی ایفا کند (موسوی دهموردی و همکاران، ۲۰۲۲). علاوه بر این، نوآوری هایی مانند استفاده از نانو کودهای کلاته نقش قابل توجهی در بهبود کیفیت محصولات باغی ایفا کرده اند. مطالعات نشان داده است که نانو کودهای نیتروژن و پتاسیم می توانند با افزایش غلظت کلروفیل برگ و بهبود سنتز چربی ها، کیفیت روغن زیتون را به طور قابل توجهی ارتقا دهند (روحی و همکاران، ۱۴۰۳). همچنین، استفاده از محلول پاشی نانوذرات سیلیسیم و پتاسیم بر روی درختان زیتون، بهبود اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع را نشان داده است که می تواند کیفیت روغن تولیدی را بهبود بخشد

مواد مغذی و نگهداری آب را بهبود می‌بخشند. این نتایج نشان می‌دهند که استفاده ترکیبی از کودهای شیمیایی و آلی می‌تواند روشی پایدار و مؤثر برای بهبود تولید زیتون باشد (مازه و همکاران، ۲۰۲۱).

ارتفاعات رشته‌کوه‌های جبالبارز منطقه اصلی کشت درختان زیتون با حدود ۲۰۰۰ هکتار باغ زیتون در جنوب استان کرمان است. بیشتر کشاورزان در منطقه عموماً هر چند سال یک‌بار از کودهای دامی و کودهای شیمیایی (بدون چال کود و به صورت پخش سطحی در زیر درخت) در باغات خود استفاده میکنند. با وجود فواید کاربردی کودهای شیمیایی و حیوانی به صورت مجزا بر درختان زیتون، تأثیر ترکیبی این دو نوع کود همچنان نامشخص باقی‌مانده است. لازم است بررسی شود که آیا استفاده از تغذیه بهینه (بر اساس آزمون خاک و استفاده هم‌زمان از کودهای شیمیایی و آلی) می‌تواند به اثرات هم‌افزایی منجر شود که رشد و محصول زیتون را بیشتر افزایش دهد. این مطالعه به بررسی تأثیر ترکیبی کودهای شیمیایی و حیوانی بر ویژگی‌های کمی و کیفی زیتون می‌پردازد. یافته‌های این مطالعه بینش‌های ارزشمندی را در مورد مزایا و معایب احتمالی استفاده از کودهای شیمیایی و حیوانی در کشت زیتون در منطقه ارائه خواهد داد.

مواد و روش‌ها

محل مطالعه و طراحی آزمایش

این آزمایش طی دو فصل رشد متوالی (۱۴۰۰ و ۱۴۰۱) در یک باغ زیتون واقع در منطقه جبالبارز شمالی جنوب استان کرمان، ایران (طول جغرافیایی: ۵۷ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی: ۲۸ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی، ارتفاع: ۱۵۵۰ متر) انجام شد. محل تحقیق بر اساس آمار دریافتی از ایستگاه هواشناسی جیرفت، دارای میانگین بارندگی سالانه ۳۱۷ میلی‌متر و ۳۹۸ میلی‌متر به ترتیب در سال

(زارعی و همکاران، ۱۴۰۲). کودهای ارگانیک نقش حیاتی در افزایش هر دو جنبه کمی و کیفی زیتون دارند، یک تحقیق به بررسی اثرات انواع مختلف کودهای ارگانیک (کود گوسفند، گاو، مرغ و ورمی‌کمپوست) با و بدون کودهای شیمیایی بر درختان زیتون به مدت دو سال پرداخت. نتایج نشان داد که ترکیب کودهای ارگانیک با کودهای شیمیایی به طور کلی عملکرد و کیفیت میوه را نسبت به استفاده تنها از کودهای ارگانیک افزایش داد. به‌ویژه، کود گوسفند به‌طور مؤثری در افزایش عملکرد میوه و محتوای روغن تأثیرگذار بود (هاداوی و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعه‌ای دیگر بر تأثیر کودهای ارگانیک مشتق شده از ضایعات نی و کود دامی بر درختان زیتون در شرایط بیابانی عراق نشان داد که ترکیب این کودهای ارگانیک منجر به بهبود ویژگی‌های گل‌دهی، تشکیل میوه و درنهایت، افزایش عملکرد زیتون‌ها شد (چاتزیستاتیس و همکاران، ۲۰۲۰).

درحالی‌که کودهای شیمیایی نقش اساسی در افزایش تولید زیتون داشته‌اند، استفاده بیش‌ازحد آن‌ها می‌تواند به مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب و تخریب خاک منجر شود. برای کاهش این مسائل، مدیریت یکپارچه مواد مغذی (INM) اهمیت یافته است (زیپوری و همکاران، ۲۰۲۰). نقش هم‌افزایی کودهای شیمیایی و آلی در افزایش کمیت و کیفیت زیتون در چندین مطالعه نشان داده شده است. استفاده ترکیبی از کودهای آلی و معدنی باعث افزایش ۵۵ درصدی محصول نسبت به استفاده تنها از کودهای معدنی شد. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و محتوای مواد مغذی شدند، که منجر به افزایش شاخص سطح برگ و نرخ جذب کربن گردید (روزس و همکاران، ۲۰۱۷). مطالعه دیگری نشان داد که ترکیب کودهای آلی و شیمیایی باعث افزایش رشد و محصول درختان زیتون بیشتر از هر یک از این کودها به‌تنهایی می‌شود. این مطالعه همچنین نشان داد که کودهای آلی ساختار خاک، دسترسی به

مانند توزیع اندازه ذرات به روش هیدرومتر (گی و باودر، ۱۹۸۶)، اسیدیته، هدایت الکتریکی (EC) (آلیسون و ریچاردز، ۱۹۵۴)، کربن آلی (OC) به روش اکسایش تر (نلسون و سامرز، ۱۹۸۳)، فسفر به روش اولسن، پتاسیم به روش استات آمونیوم و عناصر کم مصرف با روش جذب اتمی (اسپارکس و همکاران، ۱۹۹۶) اندازه گیری شد (جدول ۱). کود آلی طبق روش های استاندارد از نظر هدایت الکتریکی، pH و مقدار کل عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، آهن، منگنز، روی و مس مورد تجزیه قرار گرفتند (جدول ۲) (پیترز و همکاران، ۲۰۰۳).

اول و دوم بود که عمدتاً در پاییز و زمستان رخ داد. در این مطالعه از درختان زیتون رقم سبز ۱۰ ساله کاشته شده بافاصله ۶ × ۶ متر (۲۷۷ درخت در هکتار) در خاک شنی استفاده شد. در مجموع ۲۷ درخت برای آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. طرح آزمایشی بلوک های کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار بود.

تجزیه خاک و آب

قبل از اعمال تیمارها، نمونه های خاک از دو عمق (۰-۳۰ سانتی متر و ۳۰-۶۰ سانتی متر) جمع آوری برخی خصوصیات

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک مورد مطالعه

Zn mg.kg ⁻¹	Mn mg.kg ⁻¹	Fe mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	OC %	Ec ds.m ⁻¹	pH	Soil texture	Depth cm
1.5	2.5	3.1	200	11.6	0.38	0.54	7.7	L	0-30
0.4	1.4	2.2	80	7.1	0.12	0.47	7.9	S.L	30-60

جدول ۲- ویژگی های کود گاوی

Mn mg/kg	Zn mg/kg	Fe mg/kg	Mg %	Ca %	K %	N %	P %	PH	Ec ds.m ⁻¹
225.3	110.2	1302	0.51	2.8	1.2	4.3	0.85	7.8	15.2

شیمیایی شامل ۲۵۰۰ گرم سولفات آمونیوم، ۱۰۰۰ گرم سوپر فسفات تریپل، ۱۵۰۰ گرم سولفات پتاسیم، ۵۰۰ گرم سولفات منیزیم، ۲۰ گرم کلات آهن، ۱۰۰ گرم سولفات منگنز و ۱۰۰ گرم سولفات روی برای هر درخت، بر اساس نتایج تجزیه خاک بود. برای تیمارهای ترکیبی کودهای آلی و شیمیایی، هر دو مخلوط شده و در حفره های آماده شده اعمال شدند. در سال دوم نیز تیمارها به همان ترتیب و در همان درختان انجام گرفت. در کلیه تیمارها آبیاری به صورت قطره ای و دور آبیاری همانند باغ کشاورز انجام گرفت.

تیمارها و نحوه اعمال

سه تیمار اعمال شد: ۱. تیمار شاهد (تیمار کشاورز که سال قبل از شروع آزمایش از کود حیوانی به مقدار ۵ کیلوگرم در هر درخت استفاده کرد و در سال های آزمایش از کود حیوانی و شیمیایی استفاده نکرد) (T1). ۲. کود شیمیایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم بعلاوه کود گاوی پوسیده (T2) و ۳. تیمار دوم بعلاوه کودهای عناصر میکرو آهن، روی و منگنز (T3). تیمارها در بهمن ماه هر سال اعمال شدند. هر تیمار در هر تکرار شامل ۳ درخت بود و سعی گردید در تمام تیمارها درختان هم سن و تقریباً همسان باشند (درختان ۱۲ ساله). برای هر درخت، سه حفره (۴۰ × ۴۰ × ۴۰ سانتی متر) در اطراف سایه انداز درخت حفر شد. کود گاوی پوسیده با مقدار ۱۵ کیلوگرم برای هر درخت اعمال شدند. تیمار کود

جمع آوری داده ها

وزن خشک و وزن تر میوه تأثیر گذاشتند، که نشان می‌دهد تیمارها بر اندازه و وزن میوه تأثیر داشتند که عامل کلیدی در قابلیت بازاریابی محصول است. تأثیرات معنی‌داری نیز برای غلظت مواد مغذی مانند نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) در برگ زیتون مشاهده شد. این نشان می‌دهد که تیمارها به‌طور متفاوتی بر جذب و توزیع مواد مغذی در گیاهان تأثیر گذاشته‌اند، که منجر به تفاوت‌هایی در رشد و توسعه میوه شده است. تأثیر سال نیز برای بیشتر ویژگی‌ها به‌طور قابل توجهی معنی‌دار بود ($p < 0.01$). با توجه به داده‌های هواشناسی که نشان‌دهنده افزایش میزان بارندگی سالانه در سال دوم بود، عوامل محیطی مانند تغییرات آب و هوایی بین دو سال نقش مهمی در تعیین بهره‌وری زیتون داشتند. اگرچه به نقش احتمالی اثرات باقیمانده کود نیز بین دو سال نیز باید اشاره شود. سال تأثیر قوی بر خصوصیات میوه داشت، که نشان می‌دهد شرایطی مانند دما و بارندگی در طول فصل‌های رشد بر رشد میوه تأثیر داشته‌اند. تأثیرات معنی‌دار سال برای غلظت‌های مواد مغذی مانند نیتروژن (N) و پتاسیم (K) برگ نیز مشاهده شد که نشان‌دهنده تأثیر نوسانات سالانه شرایط محیطی بر دسترسی به مواد مغذی و جذب آن‌ها در درختان زیتون است. همچنین تفاوت معنی‌دار در صفات عملکرد و غلظت عناصر غذایی (مانند نیتروژن و پتاسیم) نشان می‌دهد که تأثیر کود از سال اول تداوم یافته و بر رشد در سال دوم تأثیر گذاشته است.

با توجه به اینکه اثر سال و اثر متقابل سال و تیمار بر بیشتر خصوصیات زیتون معنی‌دار بود، تجزیه واریانس به‌صورت جداگانه برای هر سال انجام گردید (جدول ۴). همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است، تجزیه واریانس سالانه برای هر سال به‌طور جداگانه انجام شد تا اثرات تیمار بر عملکرد، خصوصیات میوه و غلظت مواد مغذی در هر فصل رشد ارزیابی شود. این رویکرد به درک دقیق‌تری از عملکرد تیمارها تحت شرایط محیطی خاص هر سال کمک می‌کند. در سال اول، تیمارها به‌طور قابل توجهی بر بیشتر ویژگی‌ها از

تجزیه برگ: در مهرماه هر سال آزمایش، برگ‌ها از قسمت میانی درخت برداشت شده و غلظت‌های K, P, N, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn و Cu با استفاده از روش خشک سوزانی (سوزاندن برگ‌های خشک شده در دمای ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد در کوره الکتریکی) تعیین شد. غلظت‌های عناصر پرمصرف به درصد وزن خشک (D.W.) و غلظت‌های عناصر کم‌مصرف، یعنی Cu, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn و Ca به میلی‌گرم در کیلوگرم وزن خشک (D.W.) بیان شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۲).

خصوصیات میوه: در زمان برداشت، ۵۰ میوه از هر درخت نمونه‌برداری شد تا وزن تر میوه، وزن خشک میوه، طول میوه و قطر میوه اندازه‌گیری شود. ماده خشک میوه با خشک کردن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. عملکرد: عملکرد کل میوه برای هر درخت در زمان برداشت اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

تجزیه واریانس مرکب به‌منظور ارزیابی تأثیرات تیمارهای مختلف، سال‌ها و اثر ترکیبی آن‌ها بر عملکرد، خصوصیات میوه و غلظت مواد مغذی برگ در تولید زیتون انجام شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که تیمارها تأثیر آماری معنی‌داری ($p < 0.01$) بر تقریباً تمام ویژگی‌های اندازه‌گیری شده، از جمله عملکرد، خصوصیات میوه و غلظت مواد مغذی داشت. تیمارها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد داشت، که نشان می‌دهد تیمارهای مختلف به تغییرات قابل توجهی در تولید زیتون منجر شدند. تیمارها به‌طور معنی‌داری بر طول، قطر،

اما اندازه تأثیرات کمی متفاوت بود و نشان‌دهنده تأثیر شرایط محیطی متغیر است. مشابه سال اول، اثرات تیمار برای غلظت‌های عناصر غذایی مانند نیتروژن و فسفر در سال دوم معنی‌دار بود. نتایج آنالیز سالانه نشان می‌دهد که تیمارها تأثیرات معنی‌دار و پایداری بر عملکرد، خصوصیات میوه و غلظت مواد مغذی در هر دو سال داشتند، هرچند میزان تأثیرات تیمارها بین سال‌ها متفاوت بود.

جمله عملکرد، خصوصیات میوه و غلظت مواد مغذی تأثیر گذاشتند. در سال دوم، تأثیرات تیمار همچنان برای بیشتر ویژگی‌ها معنی‌دار باقی ماند، اما تفاوت‌هایی در میزان اثرات تیمارها نسبت به سال اول وجود داشت. در سال دوم تیمارهای کودی تأثیر بسیار معنی‌داری بر عملکرد داشت ($p < 0.01$) که بیشتر از سال اول بود و نشان می‌دهد که تیمارها در سال دوم تأثیر بیشتری بر عملکرد داشتند. تأثیرات تیمار بر خصوصیات میوه در سال دوم مشابه سال اول معنی‌دار بود.

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب عملکرد و خصوصیات میوه و برگ در زیتون

S.O.V	df	میانگین مربعات											
		Yield	Fruit Length	Fruit Diameter	Wet Weight	Dry Weight	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
		Kg/tree	cm	cm	gr	gr	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
Treatment	2	297.78**	0.33**	0.22**	11545.35**	3085.24**	0.57**	0.003**	0.35**	2880.49**	303.14**	65.82**	3410.59**
Year	1	124.718**	1.77**	0.29**	12617.19**	218.19*	0.05	0.0002**	0.81**	9464.59**	425.83**	204.83**	12763.23**
Year× Repetition	4	45.138**	0.52**	0.23**	4416.85**	1120.23**	0.14**	0.0008**	0.10**	345.82**	30.49**	6.12**	422.32**
Year× Treatment	2	14.3182*	0.003	0.013*	2199.96**	96.58	0.09*	0.0003**	0.03**	283.69**	4.15	12.15**	304.52**
Error	8	2.208	0.01	0.002	84.34	29.45	0.02	1.37e-05	0.002	15.63	2.94	0.46	19.99
CV(%)		4.94	4.64	2.68	3.66	4.56	8.01	3.35	4.03	5.95	9.38	8.20	6.26

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ %

جدول ۳- تجزیه واریانس سالانه عملکرد و خصوصیات میوه و برگ در زیتون

year	S.O.V	df	میانگین مربعات											
			Yield	Fruit Length	Fruit Diameter	Wet Weight	Dry Weight	N	P	K	Fe	Zn	Cu	Mn
			kg/tree	cm	cm	g	g	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm
1	Treatm ent	2	91.39**	0.17**	0.065**	1987.92**	1064.26**	0.09**	0.0007**	0.09**	678.19**	188.03**	67.25**	846.15**
	block	2	14.55*	0.30**	0.19**	3482.17**	1028.05**	0.19**	0.0009**	0.13**	109.829**	38.91**	10.25*	147.35*
	Error	4	0.82	0.001	0.002	22.87	9.325	0.003	7.78e-06	0.002	5.32	1.76	0.74	8.49
	CV(%)		3.31	1.81	2.88	2.13	2.49	3.97	2.44	2.25	5.30	5.72	7034	6.51
2	Treatm ent	2	220.6981**	0.16	0.17**	11757.39**	2117.57**	0.58**	0.003**	0.29**	2486.001**	119.26**	10.72**	2868.95**
	block	2	75.71**	0.746**	0.26**	5351.54**	1212.43**	0.09	0.0007**	0.07**	581.82**	22.06	1.99*	697.29**
	Error	4	3.58	0.026	0.002	145.82	49.59	0.03	1.98e-05	0.003	25.95	4.13	0.19	31.48
	CV(%)		5.79	5.90	2.53	4.35	6.10	10.32	4.15	5.13	5.70	15.14	8.94	5.72

* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ %

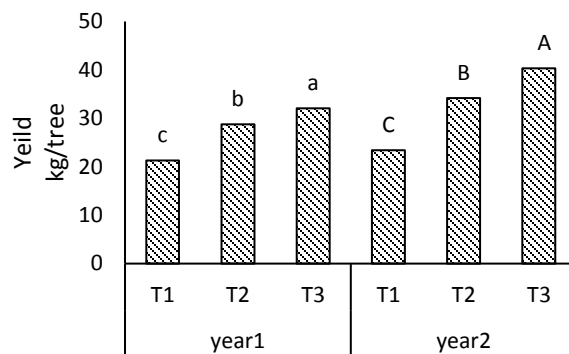
عملکرد

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار ۳ (T3) (کاربرد کودهای شیمیایی و آلی به علاوه کودهای میکرو آهن، روی و منگنز) در هر دو سال عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت. در سال اول تیمار ۳ (تیمار دوم بعلاوه کودهای عناصر میکرو آهن، روی و منگنز) بالاترین عملکرد (۳۲/۰۷ کیلوگرم در هر درخت) را داشت که به طور قابل توجهی بیشتر از تیمار ۲ (کود شیمیایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و منیزیم بعلاوه کود گاوی پوسیده) (۲۸/۷۵ کیلوگرم در هر درخت) و تیمار ۱ (شاهد) (۲۱/۲۹ کیلوگرم در هر درخت) بود. تیمار ۳ نسبت به تیمار ۱ افزایش ۵۰/۷ درصدی داشت، در حالی که تیمار ۳ نسبت به تیمار ۲ به میزان ۱۱/۶ درصد برتری داشت. در سال دوم، تیمار ۳ دوباره بالاترین عملکرد (۴۰/۳۵ کیلوگرم/درخت) را نشان داد، در حالی که تیمار ۲ (۳۴/۱۶ کیلوگرم/درخت) و تیمار ۱ (۲۳/۴ کیلوگرم/درخت) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. تیمار ۳ نسبت به تیمار ۱ ۷۲/۵ درصد بیشتر عملکرد داشت و نسبت به تیمار ۲ نیز ۱۸/۱ درصد برتری داشت. عملکرد تیمار ۳ از ۳۲/۰۷ کیلوگرم/درخت در سال اول به ۴۰/۳۵ کیلوگرم/درخت در سال دوم افزایش یافت که نشان‌دهنده افزایش ۲۵/۸ درصدی است. این بهبود قابل توجه در بهره‌وری زیتون نشان‌دهنده تأثیر مثبت تیمار ۳ در شرایط محیطی مختلف است. البته این افزایش عملکرد از سال اول تا سال دوم می‌تواند نشان‌دهنده اثرات تجمعی کوددهی نیز باشد است که تیمار ۳ در سال دوم به نمایش گذاشت.

این نتایج با تحقیقات پیشین درباره کوددهی درختان زیتون همخوانی دارد. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای نشان داده شده که با کوددهی متعادل که مقادیر مناسبی از نیتروژن، فسفر و پتاسیم را تأمین می‌کند، می‌توان عملکرد زیتون را به طور قابل توجهی بهبود بخشید (سیلوا و همکاران، ۲۰۲۳). با این

حال، نتایج متفاوتی در مطالعاتی که در مناطق با نوع خاک یا شرایط اقلیمی متفاوت انجام شده، مشاهده شده است. این نشان می‌دهد که در حالی که تیمار ۳ در افزایش عملکرد بسیار مؤثر بود، مطالعات بیشتری برای ارزیابی تأثیر آن بر کیفیت میوه، به ویژه از نظر ترکیب روغن که یک نکته مهم برای تولیدکنندگان زیتون است، مورد نیاز است. ترکیب کودهای آلی (کمپوست) با کودهای NPK در مقایسه با استفاده از هر نوع کود به تنهایی، عملکرد زیتون را به طور قابل توجهی افزایش می‌دهد (فرناندز-هرناندز و همکاران، ۲۰۱۴). استفاده از کود دامی همراه با کودهای NPK عملکرد میوه زیتون و شادابی کلی درخت را بهبود می‌بخشد. انتشار سریع عناصر غذایی از کودهای شیمیایی می‌تواند نیازهای فوری گیاه را برآورده کند، در حالی که کودهای آلی به تدریج عناصر غذایی را آزاد می‌کنند و عرضه پایدار این عناصر در طول زمان را فراهم می‌کنند (عیسی و همکاران، ۲۰۲۱). این مطالعات نشان می‌دهد که مواد آلی به سلامت خاک کمک می‌کنند و با افزایش نگهداری مواد مغذی، رشد بهتر گیاهان را تقویت می‌کنند، در حالی که کودهای شیمیایی تغذیه سریع و هدفمندی را برای رشد سریع گیاهی و تولید مثل فراهم می‌کنند.

یکی از نکات برجسته در تیمار ۳، توانایی آن در تثبیت عملکرد در شرایط محیطی متفاوت (دو سال با تغییرات بارندگی) است. این موضوع نشان می‌دهد که ترکیب کودهای آلی و شیمیایی به همراه ریزمغذی‌ها توانسته است از نظر تغذیه‌ای تعادل پایداری ایجاد کند. این تعادل احتمالاً از طریق بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد مغذی در خاک به دست آمده است (هابرمن و همکاران، ۲۰۱۹). شواهد حاکی از آن است که در مناطق نیمه‌خشک مانند جنوب استان کرمان، استفاده از کودهای آلی همراه با شیمیایی می‌تواند اثرات منفی ناشی از تنش‌های محیطی را کاهش دهد.



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد زیتون در سالهای مختلف

وزن خشک و تر میوه

یافته‌ها همخوانی دارد و نشان می‌دهد که تیمار ۳ حاوی سطوح کافی از این مواد مغذی برای حمایت از تولید بیوماس است. جالب اینجاست که محققین دیگری مشاهده کردند که کاربرد بیش از حد نیتروژن می‌تواند منجر به رشد بیشتر گیاهی به هزینه توسعه میوه شود و در نتیجه وزن خشک کمتری به دست آید (امان الله و استوارت، ۲۰۱۳). این موضوع اهمیت تعادل در کوددهی را برجسته می‌کند، زیرا کوددهی بیش از حد با نیتروژن می‌تواند در بلندمدت وزن خشک میوه‌ها را کاهش دهد. در این مطالعه، وزن خشک نسبتاً پایدار در طول دو سال نشان می‌دهد که تیمار ۳ یک منبع متعادل از مواد مغذی را فراهم می‌کند و از عوارض ناشی از کاربرد بیش از حد نیتروژن جلوگیری می‌کند.

وزن خشک به‌عنوان یک شاخص زیست‌توده، نه‌تنها عملکرد کوتاه‌مدت درختان را نشان می‌دهد، بلکه ارتباط مستقیمی با سلامت و پایداری خاک دارد. در تیمار ۳، استفاده از کودهای آلی به همراه کودهای شیمیایی به بهبود کیفیت خاک، افزایش ماده آلی و ظرفیت نگهداری رطوبت کمک کرده است. این شرایط باعث شده که جذب مواد مغذی، به‌ویژه نیتروژن و پتاسیم، بهینه شود و توسعه زیست‌توده میوه افزایش یابد. تأثیر مثبت این تیمار حتی در شرایط سال دوم، که ممکن است با تغییرات محیطی همراه بوده، نشان‌دهنده پایداری این روش تغذیه‌ای است. مطالعات دیگر نیز نشان داده‌اند که استفاده از کودهای آلی به‌صورت

وزن خشک نشان‌دهنده میزان تجمع زیست‌توده است و به شدت با توسعه میوه مرتبط است. همانطور که در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است، در سال اول تیمار ۳ بالاترین وزن خشک (۱۳۹/۶۲ گرم) را ثبت کرد که به طور قابل توجهی بیشتر از تیمار ۲ (۱۲۵/۰۶ گرم) و تیمار ۱ (۱۰۲/۲۵ گرم) بود. در سال دوم نیز تیمار ۳ در سال دوم نیز برتری خود را حفظ کرد و وزن خشک آن به ۱۳۷/۸۷ گرم رسید، در حالی که تیمار ۲ (۱۲۲/۱۲ گرم) و تیمار ۱ (۸۶/۰۵ گرم) به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. در مقایسه دو سال نیز وزن خشک تیمار ۳ از ۱۳۹/۶۲ گرم در سال اول به ۱۳۷/۸۷ گرم در سال دوم کاهش یافت، البته این تفاوت معنی دار نبود. این یافته‌ها نشان می‌دهند که تیمار ۳ به طور مداوم در تولید وزن خشک پیشرو بوده و با وجود تغییرات اندک بین سال‌ها، این تیمار در هر دو سال برتری خود را حفظ کرده است. تیمار ۳ نه‌تنها عملکرد بالاتری دارد، بلکه به توسعه بهتر میوه از نظر تجمع ماده خشک نیز کمک می‌کند. افزایش وزن خشک احتمالاً به دلیل ترکیب متعادل مواد مغذی تیمار ۳ است که از رشد بهینه گیاه و توسعه میوه حمایت می‌کند. نیتروژن و پتاسیم کافی برای تجمع بیوماس در درختان ضروری است. نیتروژن رشد گیاهی و گسترش سطح برگ را تقویت می‌کند، در حالی که پتاسیم برای تنظیم آب و انتقال کربوهیدرات‌ها حیاتی است، که هر دو به وزن خشک کمک می‌کنند (ژو و همکاران، ۲۰۲۰). نتایج این مطالعه با این

ترکیبی با شیمیایی می تواند پایداری عملکرد را حتی در شرایط محیطی متغیر حفظ کند (روزس و همکاران، ۲۰۱۷).

وزن تر با محتوای آب میوه ارتباط نزدیک دارد و نقش مهمی در وزن بازاری پسند میوه ایفا می کند. همانطور که در شکل ۲ (الف) نشان داده شده است، در سال اول افزایش درصدی از تیمار ۱ به تیمار ۳ معادل ۲۵/۹ درصد بود و وزن تر تیمار ۳ به میزان ۱۱/۴ درصد بیشتر از تیمار ۲ بود. تیمار ۲ نیز نسبت به تیمار ۱ ۱۳/۱ درصد افزایش داشت. در سال دوم، تیمار ۳ دوباره برتری خود را نشان داد و نسبت به تیمار ۱ به میزان ۵۸/۳ درصد افزایش داشت و وزن تر تیمار ۳ نیز ۱۰/۹ درصد بیشتر از تیمار ۲ بود. تفاوت بین تیمار ۲ و ۱ نیز معادل ۴۲/۷ درصد بود. در مقایسه بین دو سال نیز وزن تر تیمار ۳ از ۲۴۹/۸۳ گرم در سال اول به ۳۲۸/۱۷ گرم در سال دوم افزایش یافت که نشان دهنده بهبود ۳۱/۴ درصدی است که تأثیر قابل توجه این تیمار بر حفظ آب میوه را نشان می دهد. توانایی تیمار ۳ در افزایش وزن تر احتمالاً به دلیل تأثیر آن بر جذب و نگهداری آب در میوه است.

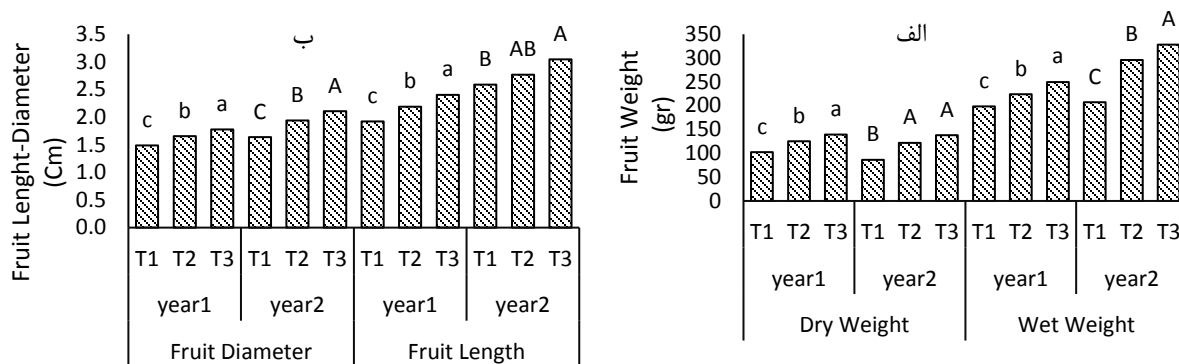
پتاسیم نقش کلیدی در تنظیم حرکت آب در بافت های گیاهی دارد و سطوح کافی پتاسیم می تواند نگهداری آب در میوه ها را بهبود بخشد (کومار و همکاران، ۲۰۰۶). این با نتایج این مطالعه مطابقت دارد، جایی که تیمار ۳، که احتمالاً حاوی سطوح بالاتری از پتاسیم است، منجر به وزن تر به طور قابل توجهی بالاتر شد. با این حال، باید توجه داشت که وزن تر به تنهایی کیفیت میوه را تعیین نمی کند. محتوای آب بالاتر ممکن است به میوه های بزرگ تر منجر شود، اما همچنین ممکن است باعث کاهش غلظت ترکیبات مهم مانند روغن و پلی فنول ها شود که برای کیفیت روغن زیتون حیاتی هستند. در مطالعه دیگری اشاره شد که در حالی که میوه های بزرگ تر و غنی از آب ممکن است در بازارهای تازه جذاب تر باشند، ممکن است روغن با کیفیت پایین تری تولید کنند که به دلیل غلظت کمتر روغن در هر واحد وزن میوه است (جوکیک

اسپیکا و همکاران، ۲۰۲۲). بنابراین، در حالی که تیمار ۳ در افزایش وزن تر موثر است، مطالعات بیشتری برای ارزیابی تأثیر آن بر محتوای روغن و کیفیت مورد نیاز است.

اندازه میوه

اندازه میوه (شکل ۲ ب)، به ویژه قطر آن، یک ویژگی مهم برای بازاری پسندی است، زیرا مصرف کنندگان معمولاً میوه های بزرگ تر را ترجیح می دهند. در این مطالعه، T3 در هر دو سال بزرگترین قطر میوه را تولید کرد، با ۱/۷۸ سانتی متر در سال اول و ۲/۱۱ سانتی متر در سال دوم. درصد افزایش قطر میوه از T1 به T3 در سال اول ۱۹/۵٪ و در سال دوم ۲۸/۷٪ بود، که نشان دهنده تأثیر قوی T3 بر اندازه میوه است. افزایش قطر میوه مشاهده شده در درختان تیمار شده با T3 را می توان به بهبود دسترسی به مواد مغذی، به ویژه نیتروژن و پتاسیم، نسبت داد.

پتاسیم نقش حیاتی در گسترش سلول ها در طول توسعه میوه ایفا می کند، که منجر به اندازه بزرگ تر میوه می شود. علاوه بر این، نیتروژن از توسعه پوشش گیاهی بزرگتر پشتیبانی می کند، که می تواند ظرفیت فتوسنتزی را بهبود بخشد و منابع بیشتری برای رشد میوه فراهم کند. با این حال، باید توجه داشت که کاربرد بیش از حد نیتروژن گاهی می تواند به میوه های بیش از حد بزرگ با محتوای روغن کمتر منجر شود (ژیا و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه ای گزارش شد که در حالی که نیتروژن می تواند اندازه میوه را افزایش دهد، همچنین ممکن است غلظت روغن در میوه را کاهش دهد، که می تواند بر کیفیت روغن زیتون تولید شده از این میوه ها تأثیر منفی بگذارد (الباداوی و همکاران، ۲۰۱۶). در این مطالعه، افزایش قطر میوه در طول دو سال پایدار بود، که نشان می دهد تیمار ۳ یک منبع متعادل از مواد مغذی را فراهم کرده که رشد میوه را بدون کاهش محتوای روغن ترویج کرده است. با این حال، تحقیقات بیشتری برای تأیید این فرضیه مورد نیاز است.



شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر خصوصیات میوه (الف) - وزن خشک و تر میوه. ب- قطر و طول میوه) در سالهای مختلف

غلظت عناصر ماکرو در برگ

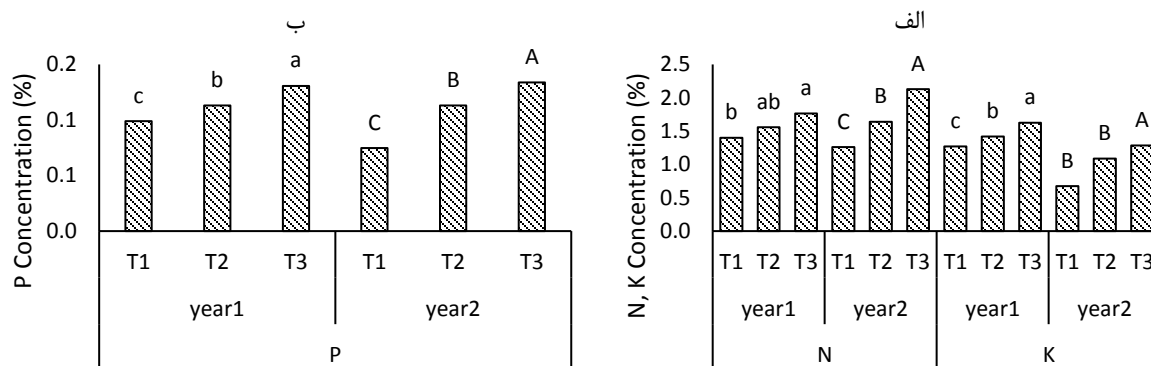
جدول‌های مقایسه میانگین از تأثیر تیمارها بر نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K) در طول دو سال در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۳ الف نشان داده شده است در سال اول تیمار ۳ بالاترین غلظت نیتروژن (۱/۷۶٪) را داشت، پس از آن تیمارهای دوم و اول قرار داشتند. تیمار ۳ به طور معنی‌داری از تیمارهای یک و دو بهتر عمل کرده است و تمام تیمارها به گروه‌های مجزا تقسیم شده‌اند، که نشان‌دهنده تفاوت‌های واضح در جذب نیتروژن است. در سال دوم نیز تیمار سوم دوباره بالاترین غلظت نیتروژن (۲/۱۳٪) را داشت. در سال دوم تفاوت بین تیمار سوم و سایر تیمارها افزایش یافت. در مطالعه‌ای بیان شد که نیتروژن عامل کلیدی در افزایش عملکرد و کیفیت میوه در درختان زیتون است. مطالعه آن‌ها نشان داد که درختان دچار کمبود نیتروژن عملکرد کمتری داشتند و میوه‌های کوچکتری تولید کردند، که مشابه با عملکرد پایین‌تر مشاهده شده در تیمار ۱ در این مطالعه است. با این حال، آن‌ها همچنین اشاره کردند که کاربرد بیش از حد نیتروژن می‌تواند منجر به رشد بیش از حد بخش‌های گیاهی به هزینه تولید میوه شود، که این می‌تواند توجیهی برای جذب نسبتاً کمتر نیتروژن در تیمار ۲ نسبت به ۳ باشد (فرناندز-اسکوبار، ۲۰۰۲).

نتایج نشان داد که در سال اول تیمار ۳ بالاترین غلظت پتاسیم (۱/۶۳٪) را داشت، پس از آن تیمار دوم (۱/۴۲٪) و تیمار اول

(۱/۲۷٪) قرار داشتند. در سال دوم تیمار سوم همچنان بالاترین غلظت پتاسیم (۱/۲۸٪) را داشت، در حالی که تیمار دوم (۱/۰۹٪) و تیمار اول کاهش قابل توجهی تا ۰/۶۷٪ نشان دادند. این نشان می‌دهد که تیمار ۳ در بهبود وضعیت مواد مغذی درختان مؤثر بوده و عملکرد کلی بهتری را به همراه داشته است. اهمیت پتاسیم برای درختان زیتون به خوبی مستند شده است. کمبود پتاسیم می‌تواند به طور جدی عملکرد، اندازه و کیفیت میوه‌ها را کاهش دهد. پتاسیم بر توسعه میوه‌های بزرگ‌تر با محتوای آب بیشتر تأثیر می‌گذارد (هابرمن و همکاران، ۲۰۱۹)، که این یافته با نتایج این مطالعه همخوانی دارد، جایی که تیمار ۳ بزرگ‌ترین میوه‌ها و بالاترین وزن تر را تولید کرد. علاوه بر این، سطح مناسب پتاسیم برای انتقال صحیح کربوهیدرات‌ها و تخصیص انرژی به میوه‌های در حال توسعه ضروری است، که منجر به بهبود اندازه و عملکرد میوه‌ها می‌شود (ژو و همکاران، ۲۰۲۰). با این حال، کاهش اندک غلظت پتاسیم در تیمارها از سال اول به سال دوم ممکن است بازتابی از تغییرات شرایط محیطی، مانند بارندگی یا سطح رطوبت خاک باشد، که می‌تواند بر دسترسی پتاسیم تأثیر بگذارد. جذب پتاسیم به شدت به دسترسی آب در خاک وابسته است (سیفرت و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین کاهش سطح پتاسیم در برگ‌ها همراه با افزایش عملکرد زیتون و بزرگتر شدن اندازه میوه در سال دوم می‌تواند به اثر رقت نسبت داده شود. این مفهوم بیان می‌کند که هنگامی که درختان زیتون عناصر غذایی بیشتری را به سمت حمایت از افزایش

نیترژن کمتر بود، اما برتری پیوسته‌ی تیمار ۳ نشان می‌دهد که این تیمار منبع فسفر مؤثرتری را فراهم کرده است. جذب فسفر به ویژه برای درختان زیتون در مرحله استقرار اهمیت دارد، زیرا رشد ریشه‌ها را ترویج می‌کند و توانایی درخت در جذب آب و مواد مغذی از خاک را بهبود می‌بخشد. درختان زیتون با کمبود فسفر سیستم ریشه کوچکتری داشتند و عملکرد میوه‌های کمتری را نشان دادند (ایرال و همکاران، ۲۰۱۶).

عملکرد و توسعه میوه هدایت می‌کنند، غلظت پتاسیم در بافت‌های برگ ممکن است به دلیل توزیع مجدد آن در سراسر گیاه کاهش یابد (عیسی و همکاران، ۲۰۲۱). با وجود کاهش غلظت پتاسیم در سال دوم، تیمار ۳ همچنان بهتر از سایر تیمارها عمل کرد، که نشان‌دهنده برتری آن در حفظ سطح کافی پتاسیم برای عملکرد بهینه درخت است. در این مطالعه، تیمار ۳ (شکل ۳ ب) در هر دو سال بالاترین غلظت فسفر را نشان داد، به طوری که در سال اول و دوم به میزان ۰,۱۳ درصد بود. اختلاف بین تیمارها در مقایسه با



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر غلظت عناصر برگ (الف- نیترژن و پتاسیم، ب- فسفر) در سالهای مختلف

احتمالاً به رشد گیاهی برتر و عملکرد بیشتر میوه آن‌ها کمک کرده است.

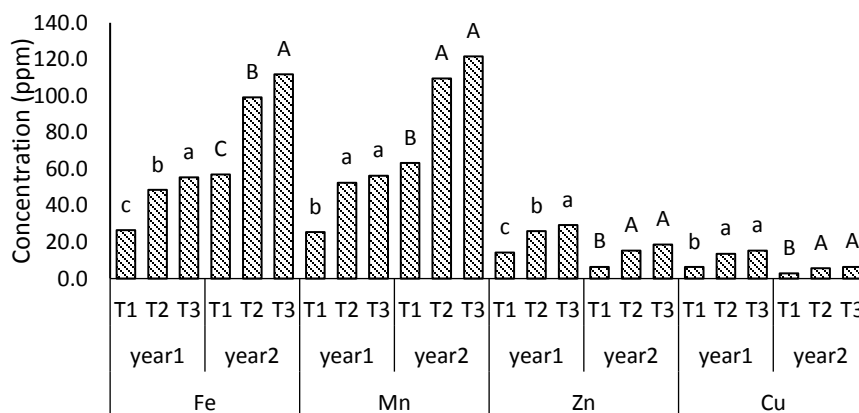
در جذب روی توسط برگ نیز تیمار سوم بالاترین غلظت روی (۲۹/۲۷ ppm) را داشت، پس از آن تیمار دوم (۲۵/۹۶ ppm) و تیمار اول (۱۴/۲۱ ppm) قرار داشتند. در سال دوم نیز تیمار سوم بالاترین غلظت روی را داشت و تفاوت‌ها همچنان معنی دار باقی ماند. روی در سنتز اکسین‌ها (هورمون‌های گیاهی) دخالت دارد و برای توسعه تولید مثل اهمیت دارد. در این مطالعه، تیمار ۳ بالاترین غلظت روی را نشان داد که ممکن است به اندازه بزرگ‌تر میوه‌ها و عملکرد بالاتر مشاهده شده کمک کرده باشد. کمبود روی در درختان زیتون منجر به کاهش تشکیل میوه و میوه‌های کوچکتر شد، که بر اهمیت تامین روی کافی در باروری زیتون تأکید می‌کند (رمضانی و شکافنده، ۱۳۹۱).

غلظت عناصر میکرو در برگ

جدول‌های مقایسه میانگین از تأثیر تیمارها بر غلظت عناصر میکرو در طول دو سال در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که تیمار سوم بالاترین غلظت آهن (۵۵/۳۵ ppm) را داشت. تفاوت‌ها بین تیمارها معنی دار بودند و تیمار ۳ برتری واضحی در جذب آهن نشان داد. در سال دوم نیز غلظت‌های آهن افزایش یافتند و تیمار سوم همچنان با ۱۱۱/۸۷ ppm پیش‌تاز بود. تفاوت‌ها در سال دوم بیشتر شدند و تیمار سوم تقریباً دو برابر آهن بیشتر نسبت به تیمار اول نشان داد. آهن برای تشکیل کلروفیل و فعال‌سازی آنزیم‌ها در گیاهان ضروری است. کمبود آهن در درختان زیتون می‌تواند منجر به کلروز و کاهش کارایی فتوسنتزی شود که به طور منفی بر رشد و توسعه میوه تأثیر می‌گذارد (آلکانترا و همکاران، ۲۰۰۳). جذب بیشتر آهن در درختان تیمار ۳

بهبود درخت و افزایش بهره‌وری شده است. منگنز به ویژه برای درختان زیتون که در خاک‌های آهکی رشد می‌کنند اهمیت دارد، زیرا در چنین خاک‌هایی دسترسی به این ماده مغذی ممکن است محدود باشد (ال-فولی و همکاران، ۲۰۰۸). جذب بیشتر منگنز در تیمار ۳ نشان می‌دهد که این تیمار ممکن است در غلبه بر محدودیت‌های تغذیه‌ای در چنین خاک‌هایی مؤثرتر باشد. ترکیب کودهای آلی با کودهای شیمیایی باعث افزایش جذب هم ماکرومغذی‌ها و هم میکرومغذی‌ها در برگ‌های زیتون شد. استفاده از کودهای میکرومغذی، به ویژه، به کاهش کمبودهای مواد مغذی که معمولاً در خاک‌های تحت درمان با کودهای شیمیایی مشاهده می‌شود کمک کرد (عیسی و همکاران، ۲۰۲۱).

در جذب مس نیز تیمار سوم بالاترین غلظت مس (۱۵/۲۳ ppm) را داشت. در سال دوم نیز، تیمار سوم همچنان بالاترین غلظت مس (۶/۴۰ ppm) را داشت، پس از آن تیمار دوم (۵/۵۹ ppm) و تیمار اول (۲/۸۰ ppm) قرار داشتند. در جذب منگنز توسط برگ زیتون در سال اول نیز تیمار سوم بالاترین غلظت منگنز (۵۶/۳۴ ppm) را داشت. غلظت‌های منگنز در سال دوم افزایش یافتند و T3 همچنان با ۱۲۱/۵۷ ppm پیشتاز بود، پس از آن تیمار دوم (۱۰۹/۵۰ ppm) و تیمار اول (۶۳/۲۰ ppm) قرار داشتند. تفاوت‌ها بین تیمارها در سال دوم بیشتر شدند. مس و منگنز نیز نقش‌های مهمی در فعال‌سازی آنزیم‌ها و فتوسنتز دارند. غلظت‌های بالاتر مس و منگنز در درختان تیمار ۳ نشان می‌دهد که این تیمار در تامین این میکرومغذی‌های اساسی مؤثرتر بوده و منجر به سلامت



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر غلظت عناصر میکرو در برگ در سالهای مختلف

محیطی مانند دما، بارندگی، و رطوبت خاک نقش مهمی در تعیین اثربخشی تیمارها داشته‌اند. اثر سال برای اکثر صفات قابل توجه بود، که نشان می‌دهد عوامل اقلیمی مانند دما و بارندگی تأثیر قابل توجهی بر نتایج داشتند. درختان زیتون به شدت به شرایط محیطی حساس هستند و تعامل بین تیمار و سال بر اهمیت در نظر گرفتن هر دو عامل مدیریتی و تغییرپذیری محیطی در بهینه‌سازی تولید زیتون تأکید دارد. در مطالعه دیگری نیز نتایج مشابهی در مورد کوددهی درختان

تغییرات سالانه‌ی اثر تیمارها

یکی از جالب‌ترین یافته‌های این مطالعه، تغییرات قابل توجه سال به سال در اثرات تیمار بود. در حالی که تیمار ۳ به طور مداوم عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت، شدت اختلاف بین تیمارها در طول سال‌ها متفاوت بود. به عنوان مثال، عملکرد تیمار ۳ از سال اول به سال دوم ۲۵/۸٪ افزایش یافت، در حالی که وزن خشک و جذب پتاسیم آن کاهش اندکی نشان داد. این موضوع نشان می‌دهد که عوامل

رشد پایدار گیاهان و مقاومت بیشتر در برابر تنش کمک می کند (تامیه و همکاران، ۲۰۲۴).

ضرایب همبستگی بین عملکرد و صفات مورد مطالعه

تحلیل همبستگی بینش ارزشمندی در مورد عوامل مؤثر بر عملکرد زیتون ارائه می دهد. همانطور که در شکل ۵ نشان داده شده است، صفات طول میوه، قطر میوه، وزن تر، وزن خشک، نیتروژن (N)، منیزیم (Mg)، آهن (Fe) و منگنز (Mn) همبستگی مثبت قوی با عملکرد دارند که مقادیر آنها بین ۰/۷۹ تا ۰/۸۸ متغیر است. پتاسیم (K)، روی (Zn) و مس (Cu) همبستگی مثبت متوسطی دارند (از ۰/۲۳ تا ۰/۴۶). همبستگی های معنی دار (که با نقاط سیاه در نمودار نشان داده شده اند) نشان می دهند که طول میوه، قطر میوه، وزن تر، وزن خشک، نیتروژن، آهن، منگنز و منیزیم نقش های کلیدی در تعیین عملکرد دارند.

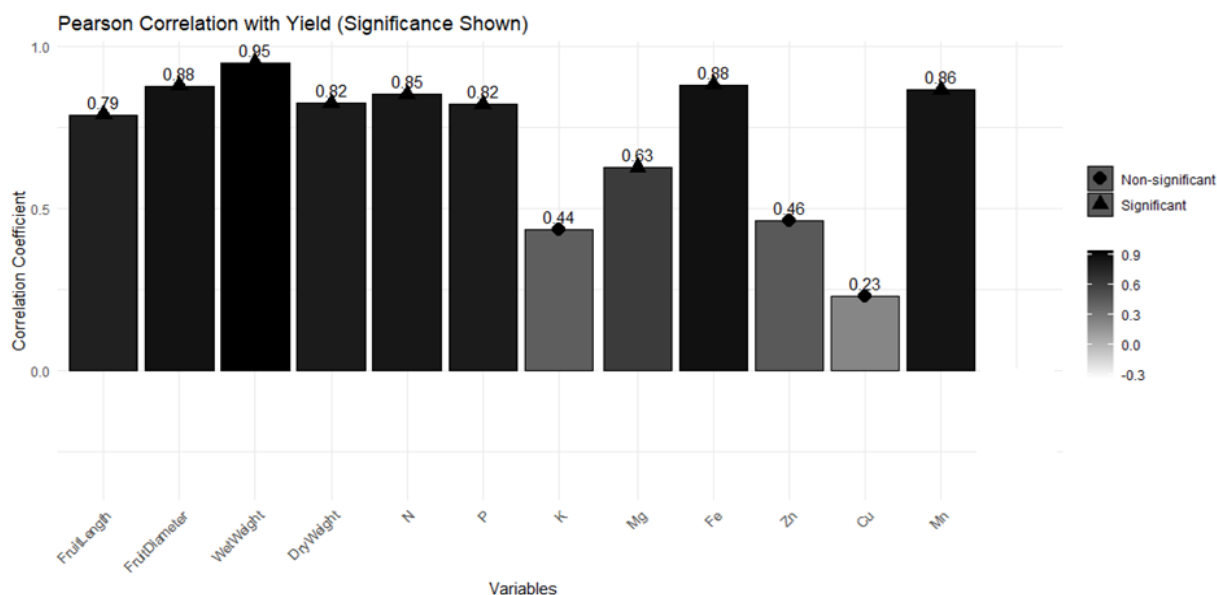
اندازه و وزن میوه ارتباط قوی با عملکرد زیتون دارد. میوه های بزرگ تر که از شرایط رشد مطلوب حاصل می شوند، اغلب منجر به عملکرد بالاتری می شوند، زیرا این صفات نشان دهنده دسترسی بهتر به مواد مغذی و سلامت درخت است. همبستگی مثبت قوی بین نیتروژن برگ ($r = 0.85$) و عملکرد، نقش اساسی نیتروژن در رشد زیتون را تأیید می کند. نیتروژن به بهبود رشد گیاهی و تشکیل میوه در زیتون کمک می کند (کوتسیاس و همکاران، ۲۰۲۴). به همین ترتیب، Fe، Mg و Mn (با همبستگی های ۰/۶۳، ۰/۸۸ و ۰/۸۶ به ترتیب) میکرومغذی های مهمی هستند که بر فتوسنتز و فعالیت آنزیمی در درختان زیتون تأثیر می گذارند و منجر به افزایش تولید می شوند (عبدالله، ۲۰۱۸). همبستگی فسفر ($r = 0.44$) با عملکرد نشان می دهد که فسفر برای توسعه ریشه و انتقال انرژی در گیاهان ضروری است (لیو، ۲۰۲۱) اگرچه به اندازه نیتروژن برجسته نیست، فسفر در توسعه میوه، به ویژه در مراحل اولیه رشد، نقش دارد.

زیتون مشاهده شد، جایی که اثربخشی رژیم های مختلف کوددهی به دلیل تغییرات در بارندگی و دما به طور قابل توجهی بین سال ها متفاوت بود. در سال های خشک، درختانی که سطح بالاتری از پتاسیم و نیتروژن دریافت کرده بودند عملکرد بهتری داشتند، در حالی که در سال های مرطوب، نیتروژن بیش از حد منجر به کاهش عملکرد به دلیل آب گرفتگی و آب شویی مواد مغذی شد (فرناندز-اسکوبار و همکاران، ۲۰۰۲). این یافته ها بر لزوم استراتژی های کوددهی انعطاف پذیر که بتوانند با شرایط محیطی مختلف سازگار شوند تأکید می کنند. تغییرپذیری سالانه در اثرات تیمار بر اهمیت در نظر گرفتن شرایط محیطی هنگام توسعه استراتژی های کوددهی برای درختان زیتون تأکید می کند. در حالی که تیمار ۳ در هر دو سال بسیار مؤثر بود، شدت اثرات آن با توجه به شرایط اقلیمی خاص متفاوت بود. این موضوع نشان می دهد که برنامه های کوددهی انعطاف پذیر که می توانند بر اساس تغییرات سالانه در دما، بارندگی و رطوبت خاک تنظیم شوند، ممکن است برای بهینه سازی تولید زیتون در بلندمدت ضروری باشند.

عامل مهم دیگری که در می تواند در تغییرات سالانه اثرات تیمارها موثر باشد، اثر افزایشی کود بود. اثرات باقیمانده کودهای شیمیایی و آلی می تواند طی دو سال تفاوت قابل توجهی بر خصوصیات گیاه ایجاد کرده و بر سلامت خاک و دسترسی به عناصر غذایی تأثیر بگذارد. کودهای شیمیایی، اگرچه افزایش فوری مواد مغذی را فراهم می کنند، اما به دلیل حلالیت بالای خود، معمولاً اثرات بلندمدت محدودی دارند (بای و همکاران، ۲۰۲۰). در مقابل، کودهای آلی مانند کود دامی، عناصر غذایی را به تدریج آزاد می کنند و می توانند مواد آلی خاک و تنوع زیستی میکروبی را بهبود بخشند، که به نوبه خود منجر به دسترسی طولانی تر به عناصر غذایی و بهبود ساختار خاک در طول زمان شوند (شاجی و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعات نشان داد که اثرات باقیمانده کودهای آلی غالباً شامل افزایش سطوح نیتروژن و پتاسیم در سال دوم است، که به

کودها و تنظیم میزان مصرف آن‌ها می‌تواند به کاهش اثرات منفی و بهبود عملکرد گیاه کمک کند.

این یافته‌ها بر اهمیت مدیریت دقیق تغذیه‌ای تأکید دارند، به‌ویژه در مناطقی که ویژگی‌های خاک و محیط ممکن است دسترسی به این عناصر را محدود کند. بهینه‌سازی ترکیب



شکل ۲- ضریب همبستگی پیرسون بین صفات مورد مطالعه و عملکرد

کیفیت میوه ایفا می‌کنند. افزایش جذب ریزمغذی‌هایی مانند Zn، Fe و Mn در تیمار ۳ نشان می‌دهد که این عناصر نقش حیاتی در فرآیندهای فیزیولوژیکی داشته و هم رشد رویشی و هم عملکرد تولیدمثلی را بهبود می‌بخشند. علاوه بر این، تغییرات چشمگیر بین سال‌ها، به‌ویژه واکنش قوی‌تر در سال دوم، نشان‌دهنده تأثیر عوامل محیطی مانند بارش و همچنین اثر افزایشی کود بر اثربخشی تیمارهای کودی است.

در نتیجه، این مطالعه نشان می‌دهد که تغذیه تلفیقی مواد مغذی که کودهای آلی و شیمیایی را همراه با ریزمغذی‌های ضروری شامل می‌شود، رویکردی پایدار و مؤثر برای افزایش تولید زیتون در مناطق نیمه‌خشک ارائه می‌دهد. این یافته‌ها بینش‌های عملی برای بهینه‌سازی استراتژی‌های کوددهی که هم عملکرد کوتاه‌مدت و هم سلامت بلندمدت خاک را بهبود می‌بخشند، ارائه کرده و راهی برای کشت پایدارتر زیتون تحت شرایط محیطی چالش‌برانگیز فراهم می‌کنند.

نتیجه‌گیری

این مطالعه شواهد روشنی ارائه می‌دهد که تغذیه تلفیقی بهینه (کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و آلی، همراه با ریزمغذی‌ها)، به‌طور قابل‌توجهی بهره‌وری و کیفیت درختان زیتون را در شرایط نیمه‌خشک بهبود می‌بخشد. تیماری که ترکیبی از کودهای شیمیایی، کود دامی پوسیده و ریزمغذی‌ها (T3) بود، به‌طور پیوسته عملکرد بهتری نسبت به سایر تیمارها داشت و منجر به افزایش قابل‌توجه در عملکرد، اندازه میوه، وزن‌های تر و خشک و جذب مواد مغذی، به‌ویژه نیتروژن (N)، فسفر (P)، پتاسیم (K)، آهن (Fe)، روی (Zn) و منگنز (Mn) شد. بهبود عملکرد، ۵۰/۷ درصد در سال اول و ۷۲/۵ درصد در سال دوم نسبت به شاهد، نشان‌دهنده اثر هم‌افزایی ترکیب نهاده‌های آلی و شیمیایی است. این مطالعه همچنین بر اهمیت ریزمغذی‌ها تأکید دارد که نقشی حیاتی در به حداکثر رساندن بهره‌وری زیتون و بهبود

فهرست منابع

۱. رضوانی، صدراله، شکافنده، اختر. (۱۳۹۱). 'اثرات روی و پتاسیم بر رشد و گوشت میوه زیتون (Olea europaea L.)', *Iran Agricultural Research*, 30(1.2), pp. 1-10. doi: 10.22099/iar.2012.489
۲. روحی ویشکائی، زهره، سلیمانی، علی، قاسم نژاد، محمود، حسنی، اکبر. (۱۴۰۳). 'تأثیر کاربرد برگی منابع مختلف کودی نانو کلات (نیتروژن و پتاسیم) و کودهای شیمیایی (اوره و نیترات پتاسیم) بر عملکرد و خواص کیفی روغن زیتون رقم ' زرد'، *علوم باغبانی*: 38(1), pp. 147-164. doi: 10.22067/jhs.2023.81601.1246
۳. زارعی، عبدالکریم، عرفانی مقدم، جواد، هاشمی، سمیه، شیرمردی، عباس. (۱۴۰۲). 'اثر محلول پاشی برگی نانوذرات سیلیسیم و پتاسیم بر ترکیب اسیدهای چرب روغن زیتون رقم زرد، 'نهال و بذر'. 39(4), pp. 619-597. doi: 10.22092/spj.2024.366669.1375
۴. عباس زاده، بهلول، اسدی صنم، سمانه، لایق حقیقی، معصومه. (۱۳۹۸). 'تغییرات ویژگیهای مورفوفیزیولوژیک و ترکیبات فنلی برگ زیتون (L. europaea Olea) با کاربرد خاکی کودهای شیمیایی و آلی، 'پژوهش‌های تولید گیاهی'. 26(3), pp. 179-198. doi: 10.22069/jopp.2019.15532.2395
5. Abd-Elall, E. H., 2018. Effect of macro nutrients and Nano-boron foliar application on vegetative growth, yield and fruit quality of Manzanillo olive. *Alexandria Science Exchange Journal*, 39(July-September), pp.394-400. <https://dx.doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2018.9957>
6. Abdel-Nasser, G. and Harhash, M., 2001. Studies on some plant growing Media for olive cultivation in sandy soils under Siwa Oasis Conditions'. *Journal of the Advances in Agricultural Research*, 6, pp.487-510 .
7. Alcántara, E., Cordeiro, A. M. and Barranco, D., 2003. Selection of olive varieties for tolerance to iron chlorosis. *Journal of Plant Physiology*, 160(12), pp.1467-1472. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01013>
8. Allison, L. and Richards, L., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, Soil and Water Conservative Research Branch, Agricultural Research Service.
9. Amanullah, J. and Stewart, B. A., 2013. Dry matter partitioning, growth analysis and water use efficiency response of oats (avena sativa l.) to excessive nitrogen and phosphorus application. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, pp.479-489 .
10. Bai, Y.-C., Chang, Y.-Y., Hussain, M., Lu, B., Zhang, J.-P., Song, X.-B., Lei, X.-S. and Pei, D., 2020. Soil Chemical and Microbiological Properties Are Changed by Long-Term Chemical Fertilizers That Limit Ecosystem Functioning. *Microorganisms*, 8(5), pp.694. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8050694>
11. Carvalho, R. P., Moreira, R. A., Cruz, M. C. M., Fernandes, D. R. and Oliveira, A. F., 2014. Organomineral fertilization on the chemical characteristics of Quartzarenic Neosol cultivated with olive tree. *Scientia Horticulturae*, 176, pp.120-126. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.07.006>

12. Chapman, H. D. and Pratt, P. F., 1962. *Methods of analysis for soils, plants and waters*.
13. Chatzistathis, T., Papadakis, I. E., Papaioannou, A., Chatzissavvidis, C. and Giannakoula, A., 2020. Comparative study effects between manure application and a controlled-release fertilizer on the growth, nutrient uptake, photosystem II activity and photosynthetic rate of *Olea europaea* L. (cv. 'Koroneiki'). *Scientia Horticulturae*, 264, pp.109176. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109176>
14. Dabbaghi, O., Tekaya, M., M'barki, N., Ali, S., Oden, S., Mezghani, M., Attai ,F., Labidi, F., Prinsen, E., Hammami, M. and Mechri, B., 2018. Effect of foliar bio-fertilization on growth and biochemical parameters of olive trees at flowering. *Journal of Plant Nutrition*, 41(18), pp.2281–2297. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1500592>
15. El-Fouly, M., Shaaban, S. and El-Sayed, A., 2008. Evaluation of seasonal nutrient status in the leaves of different olive varieties grown on calcareous soils. *Journal of Applied Horticulture*, 10(1), pp.59-62. <https://doi.org/10.37855/jah.2008.v10i01.12>
16. Elbadawy, N., Hegazi, E., Yehia, T., Abourayya, M. and Mahmoud, T., 2016. Effect of Nitrogen Fertilizer on Yield, Fruit Quality and Oil Content in Manzanillo Olive Trees. *Journal of Arid Land Studies*, 26(3), pp.175-177. https://doi.org/10.14976/jals.26.3_175
17. Erel, R., Yermiyahu, U., Yasuor, H., Cohen Chamus, D., Schwartz, A., Ben-Gal, A. and Dag, A., 2016. Phosphorous Nutritional Level, Carbohydrate Reserves and Flower Quality in Olives. *PLOS ONE*, 11(12), pp.e0167591. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167591>
18. Fernandez-Escobar ,R., Sñchez-Zamora, M., Uceda, M. and Beltran, G. The effect of nitrogen overfertilization on olive tree growth and oil quality. IV International Symposium on Olive Growing 586, 2002. 429-431.
19. Fernández-Hernández, A., Roig, A., Serramiá, N., Civantos, C .G.-O. and Sánchez-Monedero, M. A., 2014. Application of compost of two-phase olive mill waste on olive grove: Effects on soil, olive fruit and olive oil quality. *Waste Management*, 34(7), pp.1139-1147. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.027>
20. Ganesan ,S., 2024. Biotic farming using organic fertilizer for sustainable agriculture. *Physical Sciences Reviews*, 9(1), pp.201-209. <https://doi.org/10.1515/psr-2022-0174>
21. Gee, G. W. and Bauder, J. W., 1986. Particle-size Analysis. *Methods of Soil Analysis*.
22. Goss ,M. J., Tubeileh, A. and Goorahoo, D., 2013. Chapter Five - A Review of the Use of Organic Amendments and the Risk to Human Health. *In: SPARKS, D. L. (ed.) Advances in Agronomy*. Academic Press.
23. Haberman, A., Dag, A., Shtern, N., Zipori, I., Erel, R., Ben-Gal, A. and Yermiyahu, U., 2019. Long-Term Impact of Potassium Fertilization on Soil and Productivity in Intensive Olive Cultivation. *Agronomy*, 9(9), pp.525. <https://doi.org/10.3390/agronomy9090525>
24. Hadawi, I., Safari, M. and Arji, I., 2021. Effects of Different Organic Manures and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Component of Olive (*Olea europaea* L.) cv Zard In Kermanshah Province 2. 1, pp.61-70. <https://doi.org/10.22126/ATIC.2021.6514.1013>

25. Hosseini-Mazinani, M., Mariotti, R., Torkzaban, B., Sheikh-Hassani, M., Ataei, S., Cultrera, N. G. M., Pandolfi, S. and Baldoni, L., 2014. High Genetic Diversity Detected in Olives beyond the Boundaries of the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, 9(4), pp.e93146. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093146>
26. Isa, A., Mansour, S. and Ibrahim, H., 2021. Effects of Different Organic Manures and Chemical Fertilizers on Yield and Yield Component of Olive (*Olea europaea* L.) cv Zard In Kermanshah Province. *Agrotechniques in Industrial Crops*, 1(2), pp.61-70. <https://doi.org/10.22126/atic.2021.6514.1013>
27. Jukić Špika, M., Romić, D., Žanetić, M., Zovko, M., Klepo, T., Strikić, F. and Perica, S., 2022. Irrigation of Young Olives Grown on Reclaimed Karst Soil Increases Fruit Size, Weight and Oil Yield and Balances the Sensory Oil Profile. *Foods*, 11(18), pp.2923. <https://doi.org/10.3390/foods11182923>
28. Kotsias, D., Kavvadias, V. and Pappas, C., 2024. Response of Olive Trees (*Olea europaea* L.) cv. Kalinioti to Nitrogen Fertilizer Application. *Physiologia*, 4(1), pp.43-53. <https://doi.org/10.3390/physiologia4010002>
29. Kumar, A. V. R., Kumar, N. and Kavino, M., 2006. Role of Potassium in Fruit Crops - A Review. *Agricultural Reviews*, 27, pp.284-291 .
30. Lakner, S., Brenes-Muñoz, T. and Brümmer, B., 2016. What Influences the Growth of Organic Farms? Evidence from a Panel of Organic Farms in Germany. *German Journal of Agricultural Economics (Online)*, 65, pp.1-15. <https://doi.org/10.52825/gjae.v65i1.2010>
31. Liu, D., 2021. Root developmental responses to phosphorus nutrition. *Journal of Integrative Plant Biology*, 63(6), pp.1065-1090. <https://doi.org/10.1111/jipb.13090>
32. Mazeh, M., Almadi, L., Paoletti, A., Cinosi, N., Daher, E., Tucci, M., Lodolini, E. M., Rosati, A. and Famiani, F., 2021. Use of an Organic Fertilizer Also Having a Biostimulant Action to Promote the Growth of Young Olive Trees. *Agriculture*, 11(7), pp.593. <https://doi.org/10.3390/agriculture11070593>
33. Mousavi Dehmordy, Z., Gholami, M., and Baninasab, B., 2022. Effect of Vermicompost Fertilizer on Some Physiological Factors and Mineral Elements Absorption of Olive (*Olea europaea* L. cv. Zard) Under Drought Stress Condition. *Journal of Crop Production and Processing* 12(3), pp.67-80. <http://dx.doi.org/10.47176/jcpp.12.3.32981>
34. Nelson, D. A. and Sommers, L. E., 1983. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis: Part 2 chemical and microbiological properties*.
35. Peters, J., Combs, S., Hoskins, B., Jarman, J., Kovar, J., Watson, M., Wolf, A. and Wolf, N., 2003. Recommended methods of manure analysis. *University of Wisconsin Cooperative Extension Publishing: Madison, WI* .
36. Roussos, P. A., Gasparatos, D., Kechrologou, K., Katsenos, P. and Bouchagier, P., 2017. Impact of organic fertilization on soil properties, plant physiology and yield in two newly planted olive (*Olea europaea* L.) cultivars under Mediterranean conditions. *Scientia Horticulturae*, 220, pp.11-19. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.03.019>
37. Seiffert, S., Kaselowsky, J., Jungk, A. and Claassen, N., 1995. Observed and Calculated Potassium Uptake by Maize as Affected by Soil Water Content and Bulk Density. *Agronomy Journal*, 87(6), pp.1070-1077. <https://doi.org/10.2134/agronj1995.00021962008700060007x>
38. Shaji, H., Chandran, V. and Mathew, L., 2021. Chapter 13 - Organic fertilizers as a route to controlled release of nutrients. In: LEWU, F. B., VOLOVA, T., THOMAS,

- S. & K.R, R. (eds.) *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*. Academic Press.
39. Silva, E., Gonçalves ,A., Martins, S., Brito, C., Ferreira, H., Ferreira, L. M. M., Moutinho-Pereira, J., Rodrigues, M. Â. and Correia, C. M., 2023. Olive Yield and Physicochemical Properties of Olives and Oil in Response to Nutrient Application under Rainfed Conditions. *Molecules*, 28(2), pp.831. <https://doi.org/10.3390/molecules28020831>
 40. Sparks, D., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., Johnston, C. and Summer, M., 1996. Methods of soil analysis, parts 2 and 3 chemical analysis. *Soil Science Society of America Inc., Madison*, pp.1390. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3>
 41. Taame, N., El Mejahed, K., Oukarroum, A., Choukr-Allah, R., Pittelkow, C., Bouabid, R. and Gharous, M. E., 2024. Residual Effects of Compost and Manure Fertilizers on Quinoa Production and Nutrient Uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 24(3), pp.4338-4348. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01838-2>
 42. Xia, G., Cheng, L., Lakso, A. and Goffinet, M., 2009. Effects of Nitrogen Supply on Source-sink Balance and Fruit Size of ‘Gala’ Apple Trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(1), pp.126-133. <https://doi.org/10.21273/jashes.134.1.126>
 43. Xu, X., Du, X., Wang, F., Sha, J., Chen, Q., Tian, G., Zhu, Z., Ge, S. and Jiang, Y., 2020. Effects of Potassium Levels on Plant Growth, Accumulation and Distribution of Carbon, and Nitrate Metabolism in Apple Dwarf Rootstock Seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 11, pp.904. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00904>
 44. Zipori, I., Erel, R., Yermiyahu, U., Ben-Gal, A. and Dag, A. ۲۰۲۰. Sustainable management of olive orchard nutrition: A review. *Agriculture*, 10(1), pp.11. <https://doi.org/10.3390/agriculture10010011>